

sind Dreiwege-Katalysatoren mit einer Schicht aus einem Material beschichtet, welches kurzzeitig Sauerstoff speichern kann und diesen nach Bedarf bindet oder abgibt. Eine derartige Schicht wird auch als Washcoat bezeichnet und besteht beispielsweise aus Ce_2O_3 (Di-Cerium-tri-Oxid). Durch diese Washcoat-Schicht werden so Schwankungen des Luft/Kraftstoff-Gemisches und des entsprechenden Abgases in dem Katalysator kompensiert, solange die Washcoat-Schicht noch nicht ihre maximale Menge an Sauerstoff gebunden hat oder im anderen Fall kein Sauerstoff mehr in der Washcoat-Schicht gebunden ist. Werden diese Grenzen jedoch überschritten, so sinkt der Wirkungsgrad des Dreiwege-Katalysators sehr stark ab und es kommt zu erhöhten Schadstoffemissionen der Brennkraftmaschine.

Es ist bekannt, mittels des Messsignals einer Sauerstoffsonde, die stromabwärts des Dreiwege-Katalysators angeordnet ist, im Falle einer Lambdaregelung mit einer Sauerstoffsonde, die stromaufwärts des Dreiwege-Katalysators angeordnet ist, und ein binäres Messsignal erzeugt, einen P- oder I-Anteil der Regelungsparameter oder eine Verzögerungszeit des Lambda-reglers entsprechend abhängig von dem Messsignal der Sauerstoffsonde stromabwärts des Dreiwege-Katalysators anzupassen. Dies wird auch als Trimm-Regelung bezeichnet. Es hat sich jedoch gezeigt, dass trotz dieser Maßnahme, insbesondere bei alternden Dreiwege-Katalysatoren weiterhin unerwünscht hohe Schadstoffemissionen der Brennkraftmaschine auftreten können.

Aus der DE 101 03 772 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben eines Dreiwege-Katalysators bekannt, der eine Sauerstoff speichernde Komponente enthält, die einen minimalen und einen maximalen Füllungsgrad für Sauerstoff aufweist. Der Dreiwege-Katalysator ist in einem Abgastrakt eines Verbrennungsmotors

angeordnet. Das dem Motor zugeführte Luft/Kraftstoff-Gemisch wird so geregelt, dass der Füllgrad der Sauerstoff speichernden Komponente des Katalysators in einem mittleren Sollbereich zwischen dem minimalen und dem maximalen Füllgrad gehalten wird. Ein Auswandern des Füllgrades aus dem Sollbereich wird dadurch überprüft, dass der Füllgrad ausgehend von dem momentanen Ausgangswert durch kurzzeitiges Abmagern oder Anfetten des dem Motor zugeführten Luft/Kraftstoff-Gemisches um einen Betrag erhöht oder erniedrigt und zugleich wieder auf den Ausgangswert durch eine kurzzeitige gegenläufige Änderung der Luft/Kraftstoff-Gemisches zurückgeführt wird. Im Falle eines Durchbruchs von magerem oder fettem Abgas durch den Katalysator während der Prüfphase erfolgt ein kurzzeitiges Anfetten oder auch Abmagern in Form eines Korrektursprungs des dem Motor zugeführten Luft/Kraftstoff-Gemisches.

Aus der US 6,253,542 B1 ist eine Regelung eines Luft/Kraftstoff-Gemisches in einer Brennkraftmaschine bekannt, die einen Nach-Katalysator-Abgassensor umfasst. Wenn das Messsignal des Nach-Katalysator-Abgassensors außerhalb eines vorgegebenen akzeptablen Bereichs ist, wird ein Proportionalparameter der Regelung abhängig von dem Messsignal eingestellt.

Auch aus der DE 100 28 570 A1 und der DE 43 22 341 A1 sind Verfahren zum Einstellen eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses bei einer Brennkraftmaschine bekannt, die jeweils Sauerstoffsonden aufweist, die stromabwärts eines Katalysators angeordnet sind.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine zu schaffen,

die über eine lange Betriebsdauer der Brennkraftmaschine auf
einfache Weise geringe Schadstoffemissionen gewährleisten.

Sauerstoffsonde charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil der Dreiwege-Katalysator im wesentlichen keinen zusätzlichen Sauerstoff mehr speichern kann und so ein Betrieb der Brennkraftmaschine in diesem Zustand auch bei gegebenenfalls einem Vorhandensein einer bekannten Trimm-Regelung sehr häufig immer wieder ein sogenanntes Durchbrechen des Messsignals der Nachkat-Sauerstoffsonde mit damit verbundenen Schadstoffemissionen, insbesondere NOX-Emissionen der Brennkraftmaschine auftritt.

Durch das Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse wird der Dreiwege-Katalysator in einen Zustand gebracht, in dem dann eine entsprechend vorgebbare Reserve zum Aufnehmen oder Speichern von Sauerstoff vorhanden ist und somit entsprechende Schwankungen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in Zylindern sehr gut durch den Dreiwege-Katalysator ausgeglichen werden können und schnell eine deutliche Verringerung von Schadstoffemissionen gewährleistet ist.

Die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse wird abhängig von einem Gradienten des Messsignals der Nachkat-Sauerstoffsonde ermittelt. Der Gradient ist ein sehr guter Indikator für den Zustand des Dreiwege-Katalysators und somit, ob es sich um einen leichten oder starken Sauerstoffüberlauf handelt. Auf diese Weise kann der nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse verbleibende gespeicherte Sauerstoff in dem Dreiwege-Katalysator sehr präzise eingestellt werden.

Die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse kann alternativ oder zusätzlich abhängig von einem minimalen Messwert des Messsignals ermittelt werden, während das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil. Der minimale Messwert ist ein sehr guter Indikator für den

Zustand des Dreiwege-Katalysators und somit, ob es sich um einen leichten oder starken Sauerstoffüberlauf handelt. Auf diese Weise kann der nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse verbleibende gespeicherte Sauerstoff in dem Dreiwege-Katalysator sehr präzise eingestellt werden.

Besonders einfach kann in diesem Zusammenhang die einmalige zuzumessende Kraftstoffmasse ermittelt werden, wenn das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde einen vorgegebenen ersten Schwellenwert unterschreitet. Der vorgegebene erste Schwellenwert ist dabei geeignet vorgegeben.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse derart vorgegeben, dass in etwa 50 % des in dem Dreiwege-Katalysator speicherbaren Sauerstoffs nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse verbleibt. Auf diese Weise ist nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse eine maximale Schwankungsbreite des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder möglich ohne einen Anstieg der Schadstoffemissionen stromabwärts des Dreiwege-Katalysators.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse von einem Schätzwert der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität mittels eines physikalischen Modells des Dreiwege-Katalysators ermittelt. Auf diese Weise kann der nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse verbleibende gespeicherte Sauerstoff in dem Dreiwege-Katalysator sehr präzise eingestellt werden.

Gemäß eines zweiten Aspekts zeichnet sich die Erfindung aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung, bei

dem/der eine zuzuführende Kraftstoffmasse in den Zylinder abhängig von einer von der Lastgröße ermittelt wird, und eine einmalig verringerte Kraftstoffmasse ermittelt wird, wenn das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil und zwar abhängig von dem Verlauf des Messsignals.

Eine korrigierte zuzuführende Kraftstoffmasse wird ermittelt abhängig von der zuzuführenden Kraftstoffmasse gegebenenfalls abzüglich der einmalig verringerten Kraftstoffmasse. Ein Stellsignal zum Steuern des Einspritzventils wird erzeugt abhängig von der korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse. Dabei wird die Erkenntnis genutzt, dass dann wenn das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil der Dreiwege-Katalysator im wesentlichen keinen Sauerstoff mehr gespeichert hat und so ein Betrieb der Brennkraftmaschine in diesem Zustand auch bei gegebenenfalls einem Vorhandensein einer bekannten Trimm-Regelung sehr häufig immer wieder ein sogenanntes Durchbrechen des Messsignals der Nachkat-Sauerstoffsonde mit damit verbundenen Schadstoffemissionen, insbesondere CO und HC-Emissionen der Brennkraftmaschine auftritt.

Durch die einmalig verringerte Kraftstoffmasse kann bei geeigneter Wahl dieser ein entsprechender, bezogen auf das stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Verhältnis, Sauerstoffüberschuss erzeugt werden, der dann zu einer entsprechenden Einlagerung von Sauerstoff in dem Dreiwege-Katalysator führt. Anschließend ist in dem Dreiwege-Katalysator dann eine entsprechend vorgebbare Reserve zum Aufnehmen oder Speichern von Sauerstoff vorhanden. Somit können entsprechende Schwankungen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in Zylindern sehr gut durch

den Dreiwege-Katalysator ausgeglichen werden und es ist schnell eine deutliche Verringerung von Schadstoffemissionen gewährleistet.

Die einmalig verringerte Kraftstoffmasse wird abhängig von dem Gradienten des Messsignals der Nachkat-Sauerstoffsonde ermittelt.

Die einmalig verringerte Kraftstoffmasse kann zusätzlich oder alternativ abhängig von einem maximalen Wert des Messsignals ermittelt werden während das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten Aspekts der Erfindung wird die einmalig verringerte Kraftstoffmasse ermittelt, wenn das Messsignal der Nachkat-Sauerstoffsonde einen vorgegebenen zweiten Schwellenwert überschreitet. Dies ist besonders einfach.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung dieses Aspekts der Erfindung ist die einmalig verringerte Kraftstoffmasse derart vorgegeben, dass in etwa 50 % des in dem Dreiwege-Katalysator speicherbaren Sauerstoffs gespeichert ist, nachdem Kraftstoffmasse entsprechend um die verringerte Kraftstoffmasse verringert zugemessen wurde.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des zweiten Aspekts der Erfindung wird der Schätzwert der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität des Dreiwege-Katalysators ermittelt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Brennkraftmaschine mit einer Steuereinrichtung,

Figur 2 ein Blockschaltbild der Steuereinrichtung,

Figur 3 ein Ablaufdiagramm eines ersten Teils eines Programms zum Steuern der Brennkraftmaschine, und

Figur 4 einen zweiten Teil des Programms zum Steuern der Brennkraftmaschine.

Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Eine Brennkraftmaschine (Figur 1) umfasst einen Ansaugtrakt 1, einen Motorblock 2, einen Zylinderkopf 3 und einen Abgas- trakt 4. Der Ansaugtrakt 4 umfasst vorzugsweise eine Drossel- klappe 6, ferner einen Sammler 7 und ein Saugrohr 8, das hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in den Motor- block 2 geführt ist. Der Motorblock 2 umfasst ferner eine Kurbelwelle 10, welche über eine Pleuelstange 11 mit dem Kol- ben 12 des Zylinders Z1 gekoppelt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt (1) und einem Abgastrakt (4), der einen Dreiwege-Katalysator (22) umfasst, und mit mindestens einem Zylinder (Z1 - Z4), der mit dem Ansaugtrakt (1) abhängig von der Stellung eines Gaseinlassventils (14) kommuniziert und der mit dem Abgastrakt (4) abhängig von der Stellung eines Gasauslassventils (15) kommuniziert und einen dem Zylinder (Z1 - Z4) zugeordneten Einspritzventil (19), das Kraftstoff zumisst, einer Nachkat-Sauerstoffsonde (37), die stromabwärts des Dreiwege-Katalysators (22) in dem Abgastrakt (4) angeordnet ist, bei dem

- eine zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF) ermittelt wird, die dem jeweiligen Zylinder (Z1 - Z4) zugeführt werden soll, abhängig von einer Lastgröße,
- eine einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) ermittelt wird, wenn das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil, und zwar abhängig von dem Verlauf des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37), wobei die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) abhängig von einem Gradienten (GRAD_MS) des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) ermittelt wird und/oder wobei die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) abhängig von einem minimalen Wert (MIN_MS) des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) ermittelt wird, während das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil,
- eine korrigierte zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF_COR) ermittelt wird abhängig von der zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF) und gegebenenfalls der einmalig zuzumessenden Kraft-

stoffmasse (MFF_ADD) und

- ein Stellsignal zum Steuern des Einspritzventils (19) erzeugt wird abhängig von der korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF_COR).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

bei dem die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) ermittelt wird, wenn das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) einen vorgegebenen ersten Schwellenwert (THD1) unterschreitet.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

bei dem die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) derart vorgegeben ist, dass in etwa 50 % des in dem Dreiwege-Katalysator (22) speicherbaren Sauerstoffs nach dem Zumessen der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse (MFF_ADD) verbleibt.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

bei dem die einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) abhängig von einem Schätzwert (OSC) der aktuellen Sauerstoffspeicherkapazität des Dreiwege-Katalysators (22) ermittelt wird.

5. Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt (1) und einem Abgastrakt (4), der einen Dreiwege-Katalysator (22) umfasst, und mit mindestens einem Zylinder (Z1 - Z4), der mit dem Ansaugtrakt (1) abhängig von der Stellung eines Gaseinlassventils (14) kommuniziert und der mit dem Abgastrakt (4) abhängig von der Stellung eines Gasauslassventils (15) kommuniziert und einen dem Zylinder (Z1 - Z4) zugeordneten Einspritzventil (19), das Kraftstoff zumisst, einer Nachkat-Sauerstoffsonde (37), die stromabwärts

des Dreiwege-Katalysators (22) in dem Abgastrakt (4) angeordnet ist, bei dem

- eine zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF) ermittelt wird, die dem jeweiligen Zylinder (Z1 - Z4) zugeführt werden soll, abhängig von einer Lastgröße,

- eine einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) ermittelt wird, wenn das Messsignal (MS) der Nachkat-

Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil, und zwar abhängig von dem Verlauf des Messsignals (37) der Nachkat-Sauerstoffsonde

(37), wobei die einmalig verringerte Kraftstoffmasse

(MFF_RED) abhängig von einem Gradienten (GRAD_MS) des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) ermittelt wird

und/oder wobei die einmalig verringerte Kraftstoffmasse

(MFF_RED) abhängig von einem maximalen Wert (MAX_MS) des

Messsignals (MS) ermittelt wird, während das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil,

- eine korrigierte zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF_COR) ermittelt wird abhängig von der zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF) und gegebenenfalls abzüglich der einmalig verringerten Kraftstoffmasse (MFF_RED) und

- ein Stellsignal zum Steuern des Einspritzventils (19) erzeugt wird abhängig von der korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF_COR).

6. Verfahren nach Anspruch 5,

bei dem die einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) ermittelt wird, wenn das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) einen vorgegebenen zweiten Schwellenwert (THD2) überschreitet.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, bei dem die einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) derart vorgegeben ist, dass in etwa 50 % des in dem Dreiwege-Katalysator (22) speicherbaren Sauerstoffs gespeichert ist, nachdem die Kraftstoffmasse entsprechend um die verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) verringert zugemessen wurde.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem die einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) abhängig von einem Schätzwert (OSC) der aktuellen Sauerstoff-Speicherkapazität des Dreiwege-Katalysators ermittelt wird.

9. Vorrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt (1) und einem Abgastrakt (4), der einen Dreiwege-Katalysator (22) umfasst, und mit mindestens einem Zylinder (Z1 - Z4), der mit dem Ansaugtrakt (1) abhängig von der Stellung eines Gaseinlassventils (14) kommuniziert und der mit dem Abgastrakt (4) abhängig von der Stellung eines Gasauslassventils (15) kommuniziert und einen dem Zylinder (Z1 - Z4) zugeordneten Einspritzventil (19), das Kraftstoff zumisst, einer Nachkat-Sauerstoffsonde (37), die stromabwärts des Dreiwege-Katalysators (22) in dem Abgastrakt (4) angeordnet ist, wobei die Vorrichtung Mittel aufweist, die

- eine zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF) ermitteln, die dem jeweiligen Zylinder (Z1 - Z4) zugeführt werden soll, abhängig von einer Lastgröße,
- eine einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) ermitteln, wenn das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil, und zwar abhängig von dem Verlauf des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37), wobei das Ermitteln der einmalig zuzumessende Kraftstoffmasse (MFF_ADD) erfolgt abhängig von einem Gradienten (GRAD_MS) des Messsig-

2003P19408WO

nals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) und/oder abhängig von einem minimalen Wert (MIN_MS) des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37), während das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil,

- eine korrigierte zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF_COR) ermitteln abhängig von der zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF) und gegebenenfalls der einmalig zuzumessenden Kraftstoffmasse (MFF_ADD) und

- ein Stellsignal zum Steuern des Einspritzventils (19) erzeugen abhängig von der korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF_COR).

10. Vorrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt (1) und einem Abgastrakt (4), der einen Dreiwege-Katalysator (22) umfasst, und mit mindestens einem Zylinder (Z1 - Z4), der mit dem Ansaugtrakt (1) abhängig von der Stellung eines Gaseinlassventils (14) kommuniziert und der mit dem Abgastrakt (4) abhängig von der Stellung eines Gasauslassventils (15) kommuniziert und einen dem Zylinder (Z1 - Z4) zugeordneten Einspritzventil (19), das Kraftstoff zumisst, einer Nachkat-Sauerstoffsonde (37), die stromabwärts des Dreiwege-Katalysators (22) in dem Abgastrakt (4) angeordnet ist, wobei die Vorrichtung Mittel aufweist, die

- eine zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF) ermitteln, die dem jeweiligen Zylinder (Z1 - Z4) zugeführt werden soll, abhängig von einer Lastgröße,
- eine einmalig verringerte Kraftstoffmasse (MFF_RED) ermitteln, wenn das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restkraftstoffanteil, und zwar abhängig von dem Verlauf des Messsignals (37) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37), wobei das Ermitteln der einmalig verringerten Kraftstoffmasse (MFF_RED)

erfolgt abhängig von einem Gradienten (GRAD_MS) des Messsignals (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) und/oder abhängig von einem maximalen Wert (MAX_MS) des Messsignals (MS), während das Messsignal (MS) der Nachkat-Sauerstoffsonde (37) charakteristisch ist für mindestens einen vorgegebenen Restsauerstoffanteil,

- eine korrigierte zuzuführende Kraftstoffmasse (MFF_COR) ermitteln abhängig von der zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF) und gegebenenfalls abzüglich der einmalig verringerten Kraftstoffmasse (MFF_RED) und
- ein Stellsignal zum Steuern des Einspritzventils (19) erzeugen abhängig von der korrigierten zuzuführenden Kraftstoffmasse (MFF_COR).

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.